

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-051145

(43)Date of publication of application : 25.02.1994

(51)Int.Cl. G02B 6/12
G02F 1/35

(21)Application number : 04-207882

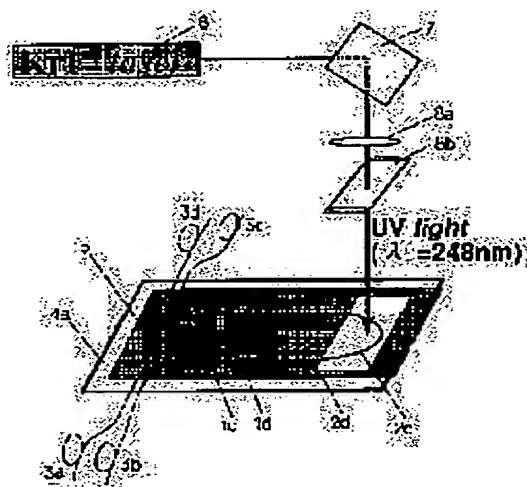
(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP
<NTT>

(22)Date of filing : 04.08.1992

(72)Inventor : ABE ATSUSHI
HIBINO YOSHINORI
OMORI YASUJI
YAMADA HIROAKI**(54) OPTICAL CIRCUIT AND ITS PRODUCTION****(57)Abstract:**

PURPOSE: To improve productivity and to provide the optical circuit having a polarization control function by effectively and locally controlling the refractive index and double refractions of the optical circuit.

CONSTITUTION: The waveguides of the optical circuit having the optical waveguides 2c, 2d consisting of core parts formed of quartz glass propagating light as a blank material and clad parts having the low refractive index around the core parts on a planar substrate 4a are irradiated with light of a visible or UV region, by which the double refraction value of the waveguides is set at a prescribed value. A part of the optical waveguides 2c, 2d constitute an MZ(Mach-Zehnder) interferometer circuit and the core parts of at least one of the waveguides constituting the interferometer are irradiated with the light of the visible or UV region, by which the double refraction value of the core parts of the waveguides is set at the prescribed value. This process for production of the optical circuit has a stage for forming the single mode optical waveguides including the core parts having a light propagation effect embedded in the clad layer on a substrate 4a and a stage for adjusting the double refraction value of the core parts by irradiating the single mode optical waveguides with the visible or UV laser beam.

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination] 21.08.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平6-51145

(43) 公開日 平成 6 年 (1994) 2 月 25 日

(51) Int. Cl. ⁵	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
G02B 6/12		M 9018-2K		
		H 9018-2K		
G02F 1/35		8106-2K		

審査請求 未請求 請求項の数 5 (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平4-207882

(22) 出願日 平成 4 年 (1992) 8 月 4 日

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区内幸町一丁目 1 番 6 号

(72) 発明者 阿部 淳

東京都千代田区内幸町一丁目 1 番 6 号 日

本電信電話株式会社内

(72) 発明者 日比野 善典

東京都千代田区内幸町一丁目 1 番 6 号 日

本電信電話株式会社内

(72) 発明者 大森 保治

東京都千代田区内幸町一丁目 1 番 6 号 日

本電信電話株式会社内

(74) 代理人 弁理士 秋田 収喜

最終頁に続く

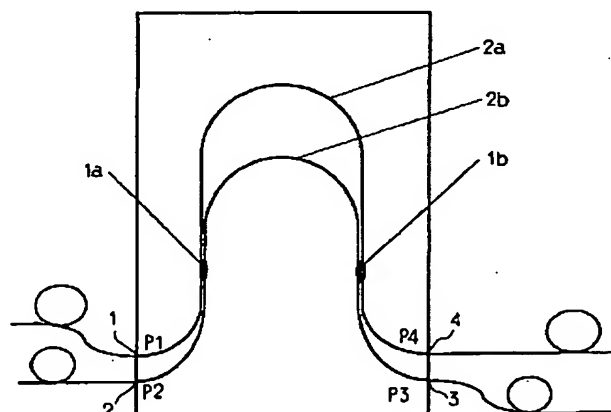
(54) 【発明の名称】 光回路及びその製造方法

(57) 【要約】

【目的】 光回路の屈折率及び複屈折を効果的かつ局所的に調節し、生産性を向上させる。偏波制御機能を有する光回路を提供する。

【構成】 平面基板上に、光を伝搬する石英系ガラスを素材として作成されたコア部と、該コア部の周りの屈折率の低いクラッド部からなる光導波路を有する光回路において、前記導波路に可視又は紫外領域の光を照射して当該導波路の複屈折値を所定値に設定した。また、前記光導波路の一部が MZ 干渉計回路を構成し、干渉計を構成する少なくとも片方の導波路コア部に可視又は紫外線領域の光を照射して当該導波路コア部の複屈折値を所定値に設定した。また、基板上にクラッド層に埋没された光伝搬作用をもつコア部を含む単一モード光導波路を形成する工程と、前記単一モード光導波路に可視又は紫外光レーザ光を照射して前記コア部の複屈折値を調整する工程とを有する光回路の製造方法である。

図 1



【特許請求の範囲】

【請求項1】 平面基板上に、光を伝搬する石英系ガラスを素材として作成されたコア部と、該コア部の周りの屈折率の低いクラッド部からなる光導波路を有する光回路において、前記導波路に可視又は紫外領域の光を照射して当該導波路の複屈折値を所定値に設定したことを特徴とする光回路。

【請求項2】 紫外領域の光に敏感なドーパントを、前記光導波路に添加していることを特徴とする請求項1記載の光回路。

【請求項3】 紫外線に敏感なドーパントとしてGeO₂を用いることを特徴とする請求項2記載の光回路。

【請求項4】 前記光導波路の一部がMZ干渉計回路を構成し、干渉計を構成する少なくとも片方の導波路コア部に可視又は紫外線領域の光を照射して当該導波路コア部の複屈折値を所定値に設定したことを特徴とする請求項1乃至3のうちいずれか1項に記載の光回路。

【請求項5】 基板上にクラッド層に埋没された光伝搬作用をもつコア部を含む単一モード光導波路を形成する工程と、前記単一モード光導波路に可視又は紫外光レーザ光を照射して前記コア部の複屈折値を調整する工程とを有することを特徴とする光回路の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、基板上に光導波路を配置した光回路及びその製造方法に関するものであり、詳しくは、光導波路の複屈折性を調整することにより所望の偏波依存性、あるいは偏波無依存性を持つ様に構成した光回路及びその製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】石英系ガラス基板やシリコン基板上に形成可能な石英系ガラス導波路は、損失が低い、安定性が高い、加工性がよい、石英系ファイバとの整合性がよいなどの特徴があり、光合分波回路などの実用的な導波型光部品を構成する上で非常に有用であるため、研究開発が進められている。

【0003】最近では、その特性を生かしてより高機能高集積化した平面型光回路の製造が進められている。その中で、光の位相を利用した光回路は、電子回路では実現できにくい回路を可能にするため、重要性が高い。

【0004】石英系光導波路では、シリコン基板上にアンダークラッド層堆積→コア層堆積→コアエッチング→オーバークラッド堆積の製造プロセスによりコア・クラッド構造が構成されるが、光の位相を利用した高機能高集積化光回路では、光の位相は導波路の屈折率と伝搬長に依存するので、製造上の微小な屈折率や導波路形状の変動、及び導波路に加わる応力が素子特性に大きく影響する。従って、高集積光回路において生産性を向上させるためには、製造上の微小な変動等を修正する必要がある、局所的に屈折率及び複屈折を制御した光回路が望ま

れてきた。

【0005】このような平面型光回路を構成する重要な要素部品である、MZ (Mach-Zehnder) 干渉計を一例として挙げる。MZ干渉計は、2つの方向性結合器とその方向性結合器を結ぶ2本の導波路からなるものであり、光スイッチや光分波器を構成する上で欠かすことのできない部品である。

【0006】しかし、MZ干渉計では、石英系光導波路に限らず、わずかな屈折率や導波路形状の変動及び導波路に加わる応力が素子特性に大きく影響する。

【0007】いま、このMZ干渉計が光路長差L1を持つとき、このMZ干渉計の出力強度は、入射光の周波数f (又は波長λ) に関して

【0008】

【数1】

$$f_s = \frac{c}{n L 1} \quad \text{----- (1)}$$

【0009】を周期とする特性を有することが知られており、この出力光強度の周期特性を利用して、光スイッチ、光周波数合分波器等として動作する光デバイスが実現されている。

【0010】しかし、導波路が有する複屈折は、光干渉計の周期特性の位相に偏光方向によるずれをもたらし、入射光の偏光方向を基板に水平 (TE偏光) もしくは垂直 (TM偏光) のいずれか一方に予め調整しておかないと、光スイッチ、光周波数合分波器としての動作特性に著しい劣化を生じさせることになる。

【0011】従って、MZ干渉計を用いた光回路において、生産性を向上させるためには、作製上の微小な変動を修正する必要性があり、効果的な調節法が望まれている。

【0012】現在は、複屈折を局所的に微調整する方法として、非晶質シリコン等の応力付与膜を適当な形状に加工し、導波路の近傍につけ、複屈折を調整するかもしくは、導波路近傍に、溝を彫り複屈折を調整することが行われている。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、これらの方法は、導波路作製の工程数が増し、且つ煩雑であるという問題があった。

【0014】本発明は、前記問題点を解決するためになされたものであり、本発明の目的は、屈折率及び複屈折を効果的かつ局所的に調節し、生産性を向上させた光回路を提供することにある。

【0015】本発明の他の目的は、偏波制御機能を有する光回路を提供することにある。

【0016】本発明の前記ならびにその他の目的及び新規な特徴は、本明細書の記述及び添付図面によって明らかにする。

【 0 0 1 7 】

【課題を解決するための手段】前記目的を達成するために、本発明の（１）の手段は、平面基板上に、光を伝搬する石英系ガラスを素材として作成されたコア部と、該コア部の周りの屈折率の低いクラッド部からなる光導波路を有する光回路において、前記導波路に可視又は紫外領域の光を照射して当該導波路の複屈折値を所定値に設定したことを最も主要な特徴とする。

【 0 0 1 8 】本発明の（２）の手段は、前記光導波路に紫外領域の光に敏感なドーパントを添加していることを特徴とし、紫外線に敏感なドーパントとして GeO_2 を用いる。

【 0 0 1 9 】本発明の（３）の手段は、前記光導波路の一部が MZ 干渉計回路を構成し、干渉計を構成する少なくとも片方の導波路コア部に可視又は紫外線領域の光を照射して当該導波路コア部の複屈折値を所定値に設定したことを特徴とする。

【 0 0 2 0 】本発明の（４）の手段である光回路の製造方法は、基板上にクラッド層に埋設された光伝搬作用をもつコア部を含む単一モード光導波路を形成する工程と、前記単一モード光導波路に可視又は紫外光レーザ光を照射して前記コア部の複屈折値を調整する工程とを有することを特徴とする。

【 0 0 2 1 】

【作用】前述の手段の主要部は、石英系ガラス導波路により構成された導波型 MZ 干渉計の製造法において、少なくとも MZ 干渉計の片方の導波路に可視又は紫外領域の光を照射することによってコアの複屈折を制御し、MZ 干渉計等の偏波に依る位相、すなわち出力を調節するものである。

$$\frac{I_4}{I_3 + I_4} = \cos^2 \left(\frac{\pi \Delta n \Delta L_1}{\lambda} \right) \sin^2 \left(\frac{\pi L_0}{L_0(\lambda)} \right) \quad \text{----- (2)}$$

【 0 0 2 8 】ここで、 $L_0(\lambda)$ は方向性結合器の完全結合長である。式（２）から明らかなように、

【 0 0 2 9 】

【数 3】

$$\lambda = \Delta n \Delta L_1 \quad \text{----- (3)}$$

【 0 0 3 0 】を満たすときに、出力が反転する。波長 $1.3 \mu\text{m}$ において、 Δn が 3×10^{-6} 変化したとすると、 ΔL_1 の値として 3.3 cm が得られる。従って、MZ 干渉計を構成する導波路長が充分であれば、MZ 干渉計の特性を調節することができる。

【 0 0 3 1 】ここで、コアの屈折率変化は、波長 245 nm の GeO_2 に関連した吸収に起因する。従って、屈折率変化のために用いるレーザは、 245 nm 付近に発振波

【 0 0 2 2 】導波路の屈折率制御に関し、類似の報告として Malo らによる光ファイバの屈折率の変化に関するものがある (B. Malo, et al., Opt. Lett. 15, 953, 1990)。それによれば、 GeO_2 添加石英系光ファイバにおいて紫外線照射によりコアの屈折率が 3×10^{-6} だけ変化することが観測されたと報告されている。

【 0 0 2 3 】シリコン基板上に形成された石英系光導波路においても同様な光誘起屈折率変化 Δn が観測されるが、この時、導波路の TE, TM 方向に光を入射して測定した屈折率変化をそれぞれ Δn_{TE} , Δn_{TM} とすると、 Δn_{TE} と Δn_{TM} の大きさは異なっている。

【 0 0 2 4 】本発明は、この原理を用いることにより、 GeO_2 添加石英系ガラス導波路の MZ 干渉計等の複屈折を調節するものである。

【 0 0 2 5 】まず、 GeO_2 添加石英系ガラス導波路の MZ 干渉計の位相が調節できる原理を以下に説明する。

【 0 0 2 6 】図 1 は、 GeO_2 添加石英系ガラス導波路の MZ 干渉計の位相が調節できる原理を説明するための図であり、1 a, 1 b は方向性結合器、2 a, 2 b は 2 つの方向性結合器を結ぶ導波路、1 ~ 4 はポートである。ここでは、簡単のため MZ 干渉計の 2 つの方向性結合器を同一のものとし、方向性結合器の結合長を L_0 とする。そのとき、図 1 の MZ 干渉計において片方の導波路 (2 a) の長さ ΔL_1 の部分において屈折率が Δn 変化したとする。このとき、波長 λ の光がこの MZ 干渉計のポート 1 に入射したとすると、ポート 3 と 4 からの出力比 $I_4 / (I_3 + I_4)$ は、次式で表される。

【 0 0 2 7 】

【数 2】

長を有するものであればよい。また、可視域に発振波長を有するレーザも使用可能である。それは、可視域のレーザでも 2 光子吸収により同様の变化を誘起するからである。すなわち、本発明では、使用するレーザに関しては、He-Cd レーザ、 N_2 レーザ、各種エキシマレーザ、Ar イオンレーザ、 $\text{Nd}^{3+} : \text{YAG}$ レーザ、アレキサンドライト ($\text{Cr}^{3+} : \text{BeAl}_2\text{O}_3$) レーザの第 2 次、3 次、4 次高調波、など紫外・可視領域の波長を有するものであればよい。

【 0 0 3 2 】以上のような、光照射に起因する屈折率変化 Δn は、照射光の偏光状態及び照射条件により、導波路の TE 方向成分に関する屈折率変化 Δn_{TE} と TM 方向成分に関する屈折率変化 Δn_{TM} が異なる。

【 0 0 3 3 】従って、紫外もしくは可視レーザ光の照射

強度、照射時間等を適当に取ることにより導波路が有する複屈折を調整することができる。

【0034】なお、本発明は、紫外もしくは可視レーザー光の照射を止めてもその効果は永続するものである。

【0035】

【実施例】以下、図面を参照して本発明の実施例を詳細に説明する。

【0036】（実施例1）本発明の実施例1では、石英系光導波路においてエキシマレーザによりMZ干渉計の特性を調節した。

【0037】図2は、本実施例1において作製したMZ干渉計光回路の構成図であって、1c、1dは方向性結合器、2c、2dは導波路、3a、3b、3c、3dは光ファイバ、4aはシリコン基板、5は遮蔽用の金属マスク、6はエキシマレーザ、7はミラー、8a、8bはレンズである。

【0038】図2のMZ干渉計は非対称型であり、導波路2cが2dより長くなっている。このタイプのMZ干渉計は、周波数又は波長分波器として動作するものである。図2のMZ干渉計では2つの導波路2c、2dの光路長差 ΔL を約1cmとし、周波数10GHz間隔で入射光を分波できるように設計した。

【0039】まず、通常の方法でシリコン基板上にGeO₂添加石英系ガラス導波路型MZ干渉計を作製した。導波路のコアは矩形であり、サイズは7×7μmである。コアとクラッドの屈折率差は0.75%とした。方向性結合器1cと1dでは結合率が波長1.3μmでほぼ50%になるようにした。

【0040】作製したMZ干渉計に波長248nmのKrFエキシマレーザを照射し、照射前後の特性変化を調べた。KrFエキシマレーザ光は、導波路上部より、図2に示すように、金属マスクで覆われていない部分を照射した。従って、エキシマレーザ光は、導波路2eの一部だけに屈折率変化を誘起することになる。KrFエキシマレーザの照射パワーは、100mJ/cm²、パルス繰り返し50Hz、照射時間は20minとした。

【0041】MZ干渉計の特性を調べるため、中心波長1.3μmの電流掃引型半導体レーザをファイバ3eから光回路に導入した。本実施例1では、エキシマレーザの照射中にMZ干渉計の特性変化をモニターすることができた。

【0042】図3に、20分間照射後におけるファイバ3cからの出力の波長依存性を照射前と比較して示す。図3において、縦軸は挿入損失（Insertion loss）、横軸は波長（Wavelength）である。

【0043】KrFエキシマレーザ照射前では、ファイバ3cと3dからの出力光スペクトル特性が、図3に示すように、TE偏光とTM偏光では、異なっており、このMZ干渉計は偏波依存性を有していた。

【0044】照射後、図3に示すように、TE偏光とT

M偏光の光スペクトル特性が一致し、1.3μm付近の信号光における偏波依存性をエキシマレーザ光照射により解消することができた。

【0045】以上の結果により、本実施例1によれば、MZ干渉計の複屈折が調節可能であることが確認された。

【0046】なお、GeO₂濃度に関しては、MZ干渉計の長さにより調節が可能であるから、特に制限するものではない。また、前記実施例1では、ドーパントとしてGeO₂を用いたが、そのほかにTiO₂、Ce₂O₃など紫外領域に吸収を有し、紫外線に敏感なドーパントとして用いてもよい。

【0047】（実施例2）本実施例2では、石英系ガラス導波路により、MZ干渉計光回路を構成し、KrFエキシマレーザ光を照射することにより、偏波分離光回路を作製した。

【0048】図4は、本実施例2の偏波分離光回路の製造装置の構成概念図であって、1e、1fは方向性結合器、2e、2fは導波路、3e、3f、3g、3hは光ファイバ、4bはシリコン基板、6はエキシマレーザ、7はミラー、8a、8bはレンズである。

【0049】まず、通常の方法でシリコン基板上にGeO₂添加石英系ガラス導波路型MZ干渉計を作製した。導波路のコアは矩形であり、サイズは7×7μmである。コアとクラッドの屈折率差は0.75%とした。方向性結合器1eと1fでは結合率が波長1.3μmでほぼ50%になるようにした。

【0050】本実施例2では、7のミラーと8a、8bのレンズを駆使することにより、導波路2eに局所的に、エキシマレーザ光を照射し、導波路2eの複屈折を調整し、光ファイバ3eからTE偏波の光を入射したときには光ファイバ3h、TM偏波の光を入射したときには光ファイバ3gから出力光が得られるようにした。

【0051】図5は、光ファイバ3eから光を入射した時の光ファイバ3hからの出力光の挿入損失（Insertion loss）特性を示す。図5において、TE'、TM'は照射後の光出力である。光ファイバ3hからの出力光は所望の光周波数（相対光周波数：Relative frequency：24GHz）において、TE偏波の光がTM偏波の光に比べ20dB以上の強度で得られていることが示されている。

【0052】以上の説明からわかるように、本実施例2によれば、このMZ干渉計光回路は、TE、TMの偏波分離機能を付加することができる。

【0053】本発明は、光ファイバ3e、3f、3g、3hに偏波保持性を有する光ファイバを用いることを妨げるものではない。

【0054】以上、本発明を実施例に基づき具体的に説明したが、本発明は前記実施例に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において変更し得ること

はいうまでもない。

【 0 0 5 5 】

【発明の効果】以上、説明したように、本発明によれば、従来の光回路の製造法の変更を必要とせずに効果的かつ簡便に特性が調節された光回路を提供することができる。また、本発明はすでに作製された光回路を対象として実施されるため規格外の出力特性の回路を所望の特性にすることができ、光回路の生産性が向上する利点がある。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の原理を説明するための MZ 干渉計光回路の概略構成図、

【図 2】 本発明の実施例 1 で使用した光学系と導波路の配置図、

【図 3】 本実施例 1 で使用した導波路の出力光波長スペクトル特性を示す図、

【図 4】 本発明の実施例 2 で使用した光学系と導波路の配置図、

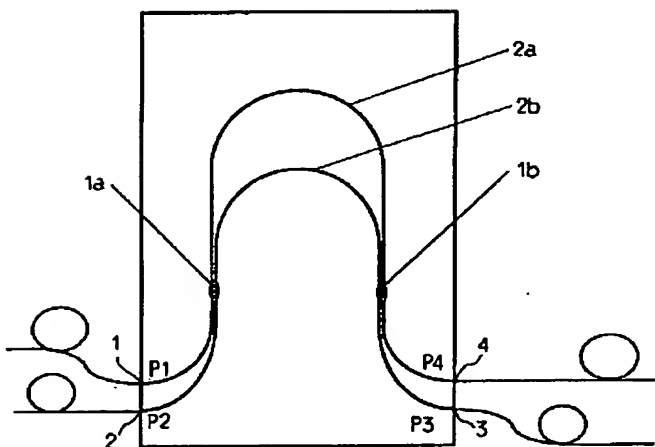
【図 5】 本実施例 2 の相対光周波数一挿入損失特性を示す図。

【符号の説明】

1 a, 1 b, 1 c, 1 d, 1 e, 1 f … 方向性結合器、
2 a, 2 b, 2 c, 2 d … 光導波路、3 a, 3 b, 3 c, 3 d, 3 e, 3 f, 3 g, 3 h … 光ファイバ、4 a, 4 b … 導波路付きシリコン基板、5 … レーザ光遮蔽マスク、6 … エキシマレーザ、7 … ミラー、8 a … レンズ、8 b … シリンドリカルレンズ。

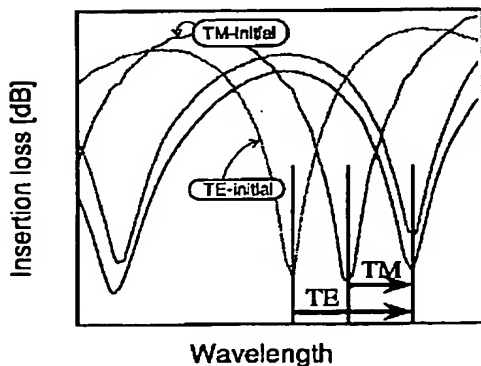
【図 1】

図 1



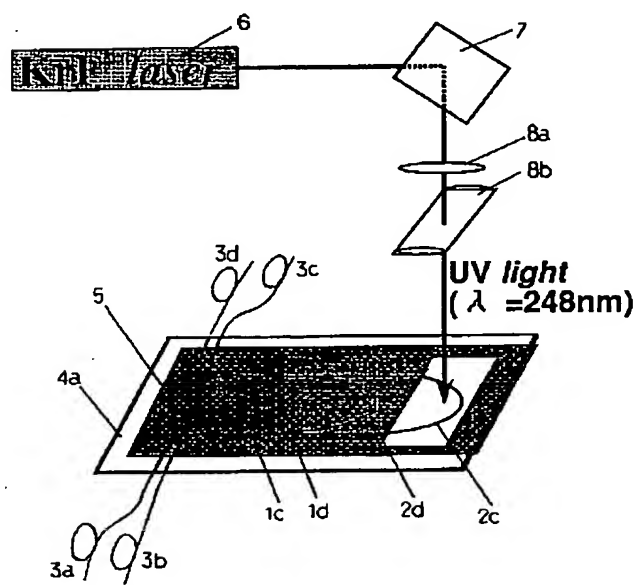
【図 3】

図 3

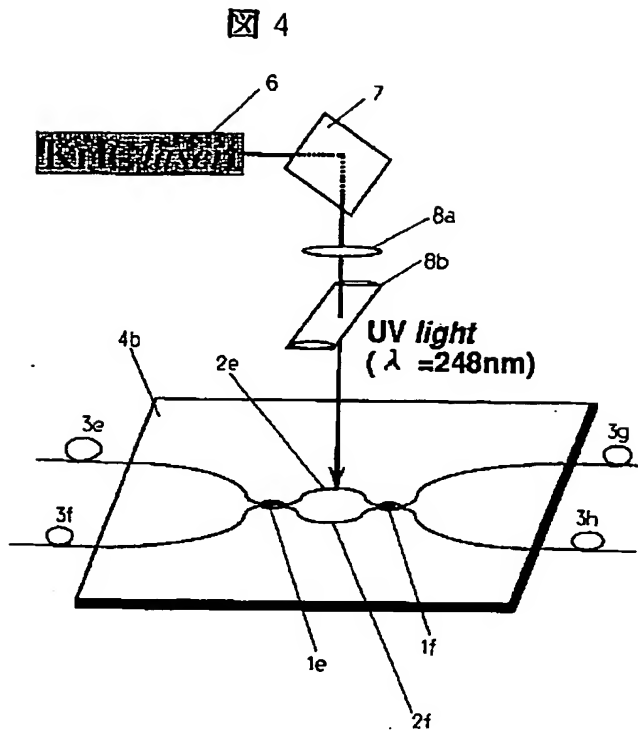


【図 2】

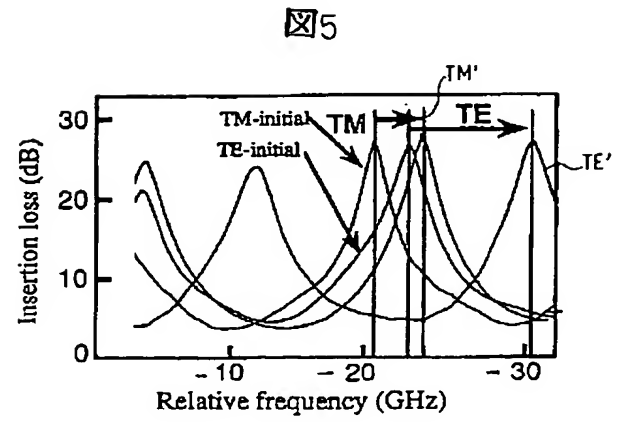
図 2



【図 4】



【図 5】



フロントページの続き

(72) 発明者 山田 裕朗
 東京都千代田区内幸町一丁目 1 番 6 号 日
 本電信電話株式会社内